Beiträge zur Anatomie der Vegetationsorgane von Boswellia Carteri Birdw.

von

Adolf Peter, stud. phil.

Aus dem pflanzenphysiologischen Institute der k. k. Universität in Wien.

(Mit 3 Tafeln und 3 Textfiguren.)

(Vorgelegt in der Sitzung am 4. Juni 1903.)

Herr Prof. Simony brachte im Jahre 1899 von einer Expedition, welche die kaiserl. Akademie der Wissenschaften nach Südarabien ausgesandt hatte, unter anderem auch Exemplare einer *Boswellia*-Art mit, von denen einige lebend im botanischen Garten zu Wien kultiviert wurden, während das übrige Material sowohl getrocknet als auch als Alkoholmaterial teils im pflanzenphysiologischen Institute, teils im botanischen Garten sich befindet.

Herr Hofrat Wiesner hat mich mit der Aufgabe betraut, die anatomischen Verhältnisse der Vegetationsorgane, insbesondere des Stammes dieser Pflanze, zu studieren, und unterstützte mich fortwährend bei der Durchführung dieser Untersuchung.

Auch Herr Prof. v. Wettstein förderte meine diesbezüglichen Studien zunächst dadurch, daß er mir auch lebendes Material zur Verfügung stellte.

Den beiden genannten Herren spreche ich an dieser Stelle meinen ergebensten Dank für ihre tatkräftige Unterstützung aus.

Vor allem handelte es sich darum zu konstatieren, welche Pflanze mir vorlag. Sie ist eine den Weihrauch oder das

Olibanum[1] liefernde *Boswellia*-Art aus den Gebirgen des südöstlichen Arabiens, im Gebiete der Maharas. Der Habitus dieser Spezies erhält durch den knorrigen Bau und zugleich durch die eigentümliche Beblätterung, indem die Blätter an den Enden der Zweige zusammengedrängt erscheinen, ein charakteristisches Gepräge. Die Blätter sind unpaarig gefiedert, mit 7 bis 9 sitzenden Blättchenpaaren, die länglich und am Rande wellig gekerbt sind; unterseits sind sie etwas dichter behaart als oberseits.[2]

Nach den Angaben der mir vorliegenden Literatur kommt in den Bergen der Maharas nur eine Spezies von *Boswellia* vor, nämlich *Boswellia Carteri* Birdw., welche an der Küste des südöstlichen Arabiens bei Merbat und auf Kalkfelsen in den Gebirgen von Hadramaut gedeiht. Das Gebiet ihrer Verbreitung soll sich auch über das benachbarte Afrika und zwar über das Somaliland und das Ahlgebirge erstrecken.[3]

Nach einigen Mitteilungen des Herrn Prof. v. Wettstein und von ihm auf eine einschlägige Arbeit von Cooke,[4] welche die Untersuchungen Birdwood's enthält, aufmerksam gemacht, konnte ich mir über die Identität der in Rede stehenden Pflanze Klarheit verschaffen.

Birdwood hat das von Playfair im Somalilande, ferner das von Carter in der Gegend der Maharas gesammelte Material bearbeitet und als *Boswellia Carteri* beschrieben.

Aber schon nach den Abbildungen von Carter ergeben sich zwischen der afrikanischen und arabischen Form Unterschiede, welche schließen lassen, daß Birdwood zwei Formen oder Spezies vorlagen, die er unter einem Namen zusammenfaßte. Solche Unterschiede beruhen hauptsächlich auf der Größe und Art der Verzweigung der Blütenstände, auf der Form und

[1] Über Gummiharze siehe: Wiesner, Rohstoffe des Pflanzenreiches. 2. Aufl., Leipzig, 1900, I. Bd., S. 140 und 174. — Flückiger, Pharmakognosie des Pflanzenreiches. Berlin, 1891, S. 45 ff. — Vogl, Kommentar zur österr. Pharmakopöe. Wien, 1892, II. Bd., S. 444 ff.

[2] Näheres über die Morphologie siehe: De Candolle, Monographiae Phanerogamarum. Vol. IV, S. 33 f.

[3] Engler und Prantl, III, 4, S. 246 ff.

[4] Cooke, Report on the Gums, Resins, Oleo-Resins and Resinous products in the India Museums. London, 1874, S. 149 ff.

Ausbildung des Fruchtknotens und des Discus, ferner auf der Behaarung der einzelnen Blütenteile.

Die mir vorliegende Pflanze dürfte mit dem von Birdwood untersuchten Material aus Südarabien identisch sein, da sie bezüglich ihrer Vegetationsorgane[1] mit der Beschreibung, welche Birdwood gibt, übereinstimmt und außerdem gleichfalls aus dem Gebiete der Maharas stammt, wo auch Carter sein Material sammelte.

Zum Vergleiche diente mir Herbarmaterial, welches Herr Hofrat Wiesner im Jahre 1901 in Kew erwarb und welches ihm aus besonderer Gefälligkeit vom Direktor des botanischen Gartens und Museums zu Kew, Sir William Dyer, zur Verfügung gestellt wurde.

Über die Anatomie dieses Vergleichsmateriales werde ich später ausführlicher noch zu sprechen kommen, doch sei schon jetzt erwähnt, daß das als *Boswellia Carteri* bestimmte und aus dem Somalilande stammende Material im anatomischen Baue mit den aus Arabien mitgebrachten Weihrauchbäumchen bis auf einige wenige Abweichungen übereinstimmt.

Würden genauere Untersuchungen auf Grund eines reichlichen und geeigneten Materiales zu dem Ergebnisse führen, daß die in Südarabien und die im Somalilande vorkommenden, von Birdwood als *Boswellia Carteri* bezeichneten Pflanzen als selbständige Formen oder Spezies anzusehen sind, so müßte der bestehende Name auf die arabische Pflanze beschränkt bleiben, während für die in Afrika vorkommende Form eine neue Bezeichnung erforderlich wäre.

Ich glaube, daß es richtig ist, wenn ich die von mir untersuchte Pflanze als *Boswellia Carteri* im weiteren Sinne bezeichne.

Es sei noch erwähnt, daß nach den Angaben des Herrn Prof. Simony diese Pflanze in Südarabien in zwei Typen auftritt, nämlich in einer hohen, baumförmigen und einer vom Grunde aus verzweigten, niedrigen Form. Letztere kann durch Stecklinge vermehrt werden und gilt bei den Arabern als weibliche, erstere als männliche Pflanze. Nach Wien wurden nur

[1] Zur Zeit, als die Pflanze gesammelt wurde, stand sie nicht in Blüte.

strauchförmige Exemplare gebracht und diese waren es, welche meiner Untersuchung zugrunde gelegt wurden.

Anatomie des Stammes.

Bei makroskopischer Betrachtung des Stammquerschnittes fällt die mächtig entwickelte Rinde auf, deren Dicke beiläufig ein Drittel des Stammradius mißt. Das Mark ist verhältnismäßig gering und von gelblicher Färbung, das Holz durch einen unmittelbar um das Mark liegenden rotbraunen Ring ausgezeichnet; zu diesem parallel folgen ebenso gefärbte Partien in verschiedener Dicke, welche den Eindruck von Jahresringen machen. Unter der Lupe sind die Gefäße eben noch als Punkte, die Markstrahlen als feine Linien sichtbar. Stellenweise enthält der Holzkörper dickerer Äste linsenförmige und dunkelbraune Komplexe, die einen Durchmesser bis zu 1 *cm* erreichen und bei genauerer Untersuchung aus unverholzten Elementen bestehend sich erweisen.

Die Grundmasse des Holzes besteht aus gefächertem Libriform, in welchem die Gefäße ungleich verteilt sind, und zwar sind sie reichlicher in den schon erwähnten rotbraunen Stellen des Holzes vorhanden. Die Markstrahlen sind ein- bis vierreihig. Tracheiden fehlen vollständig. Da solche in der Literatur[1] auch bei den übrigen Burseraceen nicht erwähnt werden, scheinen sie in dieser Familie überhaupt nicht vorzukommen. Das Protoxylem enthält stets intraxyläres Cambiform.[2]

Die Gefäße haben als häufigsten Wert für den Durchmesser 0·093 *mm* und als Maximum 0·112 *mm*. Die Perforationen sind einfach und ringförmig; in Berührung mit anderen Gefäßen tragen die Gefäßwände dicht angeordnete Hoftüpfel, so daß die je eine Querspalte umsäumenden Tüpfelhöfe polyedrisch abgeplattet erscheinen (Fig. 3, *g*). In Berührung mit Markstrahl- und Holzparenchymzellen treten an den Gefäßwänden einfache große Tüpfel mit Übergängen zu Hoftüpfeln

[1] Solereder, Systematische Anatomie der Dikotyledonen. Stuttgart, 1899, S. 215 ff.

[2] Über intraxyläres Cambiform siehe: Raimann, diese Sitzungsberichte, Bd. XCVIII, Abt. I.

auf. Sie haben die Gestalt einer quergestellten Ellipse und sind meist in Reihen angeordnet, wodurch sie an die Treppengefäße der Pteridophyten erinnern. Nicht selten, besonders häufig aber in jungen Trieben dringen vorwiegend von den anliegenden Markstrahlzellen aus durch die Tüpfel fast in der ganzen Längenausdehnung der Gefäße Stärke oder große Krystalle von oxalsaurem Kalk führende Thyllen in die Gefäße ein, erfüllen aber nur in den seltensten Fällen das Gefäßlumen vollständig (Fig. 4, *g*).

Die Libriformfasern,[1] in deren Wänden einfache, runde oder spaltenförmige Poren auftreten, sind stets durch einfache und dünne Querwände gefächert und führen reichlich Stärke. Diese Fasern scheiden sich in relativ dünn- und dickwandigere. Letztere sind am Querschnitte teils in konzentrischen Ringen und Zonen angeordnet, teils, zu einzelnen Bündeln vereinigt, über den Querschnitt zerstreut und bilden die schon früher erwähnten rotbraunen Stellen des Holzes. Bildung von Jahres- (Vegetations-)Ringen konnte ich nicht konstatieren.

Im allgemeinen ist die Mittellamelle dieser Libriformfasern stark entwickelt und stärker verholzt als die Verdickungsschichten, wodurch bei Anwendung von Phloroglucin und Salzsäure jene besonders scharf hervortritt, ebenso bei Färbung mit Safranin oder Fuchsin. Die dünnwandigeren Fasern (Fig. 4, *l*) bilden die Hauptmenge und haben mäßig entwickelte sekundäre Verdickungsschichten, welche sich stets als verholzt erweisen. Die Libriformfasern mit dickerer Wandung sind weniger reich getüpfelt und zeigen unter dem Mikroskop gelblichbraune Färbung. Ihr Umriß erscheint am Querschnitte mehr abgerundet als der der ersteren. Das Lumen dieser Zellen ist klein und dabei unregelmäßig. Die sehr stark ausgebildeten Verdickungsschichten geben sowohl schwache Holzstoff- als auch Cellulosereaktion. Im gewöhnlichen Falle sind sie in zwei distinkte Lamellen gegliedert (Fig. 4, *l'*), wovon die äußere geringe Verholzung zeigt, während die innere, mächtiger entwickelte Schichte unverholzt und gallertartig ist.

---

[1] Über Libriform siehe: Moeller, Denkschriften der kais. Akademie der Wissenschaften. Wien, 1876, S. 302, 394. — De Bary, V. A., 1877, S. 497 f. — Haberlandt, Physiolog. Pflanzenanatomie. Leipzig, 1896, S. 300 ff.

Holzparenchym sowie Übergänge dieses Gewebes zu Libriform findet man entweder in unmittelbarer Nähe oder in geringer Entfernung von den Gefäßen (Fig. 3). Die Übergangsformen neigen je nach ihrem geringeren oder größeren Porenreichtum zu Libriform oder zu Holzparenchym und tragen abwechselnd sowohl dicke, getüpfelte Querwände (wie das Holzparenchym) als auch einfache, dünne (wie das Libriform).

Die Markstrahlen (Fig. 3, *m*) sind schmal und ein- bis vierreihig. Häufig wechseln, besonders in einreihigen Markstrahlen, Gruppen von liegenden und stehenden Markstrahlzellen ab, wodurch der Radialschnitt ein äußerst charakteristisches Gepräge erhält. Als Inhalt führen die Markstrahlzellen neben Stärke auch stellenweise monokline Krystalle von Calciumoxalat, welche einzeln in der Zelle liegen, ohne das Lumen vollständig auszufüllen.

Das Protoxylem enthält nebst Gefäßen nur intraxyläres Cambiform (Fig. 2), das sich gewöhnlich gegen das Mark zu zu einem geschlossenen Komplexe vereinigt. In diesem Falle ist es in der Regel von einem oder zwei Sekretgängen begleitet, die entweder im Cambiform selbst eingebettet oder an der Grenze zwischen diesem und dem Marke liegen (Fig. 2). In älteren Zweigen und im Stamme ist das intraxyläre Cambiform durch Libriform vom Marke ganz oder teilweise getrennt. Da diese Libriformelemente relativ spät sich entwickeln, sind sie in jüngeren Zweigen gar nicht oder nur spärlich vorhanden.

Komplizierter wird der Bau des Holzes durch stellenweise auftretende abnormale Bildungen, deren Entwicklungsgeschichte ich mangels an geeignetem Material nicht verfolgen konnte, weshalb ich mich auf ihre Beschreibung beschränken muß.

Junge, noch mit der Epidermis bedeckte Triebe haben verlängerte Internodien (Langtrieb), während die Basis derselben gestaucht erscheint, indem die Internodien an dieser Stelle sehr verkürzt sind (Kurztrieb).

In diesen verkürzten Abschnitten enthält der unmittelbar um das Mark gelegene (ältere) Xylemteil an verholzten Elementen nur Gefäße. Als Grundmasse tritt intraxyläres Cambiform auf,

welches bisher nur im Protoxylem beobachtet wurde. Es besteht aus dünnwandigen, etwas in die Länge gestreckten Zellen, die unverholzt sind, in radialen Reihen stehen und am Querschnitte gleichen Umriß wie die Libriformfasern zeigen. Im Protoxylem ist das Lumen dieser cambiformartigen Zellen kleiner. Als Inhalt führen die Elemente des intraxylären Cambiforms neben Stärke auch große Krystalle von oxalsaurem Kalk. Die Markstrahlen haben hier gleichfalls dünne und unverholzte Membranen. Nach außen geht dieses Gewebe in den normal gebauten Holzteil über, indem die Zellwände bei gleichzeitiger Verholzung an Dicke zunehmen. Einzelne Libriformfasern und dickwandige verholzte Markstrahlzellen sind hie und da im Inneren dieser unverholzten Grundmasse anzutreffen.

Aus dem Gesagten folgt, daß das intraxyläre Cambiform im vorliegenden Falle nicht als reduziertes Phloem eines bikollateralen Bündels aufgefaßt werden darf.

Die im folgenden beschriebene Abweichung vom normalen Holzbaue kommt nur an dickeren Ästen vor. Das Holz derselben enthält stellenweise ein unverholztes parenchymatisches Gewebe in Form von dünnen Platten oder linsenförmigen Körpern. Bei geringer Mächtigkeit ist dieses Gewebe bloß mit Stärke erfüllt, bei stärkerer Entwicklung enthält es neben dieser noch große Massen von oxalsaurem Kalk und Gerbstoff. Immer erscheinen die diese Partie gegen die Stammachse zu begrenzenden Holzelemente mit einer homogenen braunen Masse erfüllt; ihre Membranen sind stark gequollen und braun gefärbt und die benachbarten Gefäße mit Thyllen vollständig erfüllt.[1] Mit der Dicke des eingelagerten unverholzten Komplexes wächst auch die Dicke des erwähnten anschließenden Holzkörpers. Zugleich kollabiert derselbe, so daß dadurch eine dunkelbraune, nur an einzelnen Stellen unterbrochene Masse entsteht, deren Elemente nicht mehr zu unterscheiden sind (Textfig. 1, *a*). Infolge der dunklen Färbung dieser kollabierten Masse und des eingelagerten Komplexes sind diese Stellen schon makroskopisch deutlich sichtbar. Komplizierter werden die Verhältnisse noch durch Korkbildung. Das Korkgewebe schließt nämlich

[1] Die Thyllen wurden in die Textfigur nicht eingezeichnet.

in Form von Streifen, deren Querschnitte halbmondförmig sind, an die kollabierte braune Holzmasse an (Textfig. 1, *p*, *p'*). Eine Bildung von Korkzellen im Holzkörper erscheint zwar befremdend, doch der Bau dieser Zellen, die Gelbfärbung ihrer Membranen bei Behandlung mit Kalilauge sowie deren Fähigkeit, Alkannatinktur aufzuspeichern, lassen wohl kaum eine

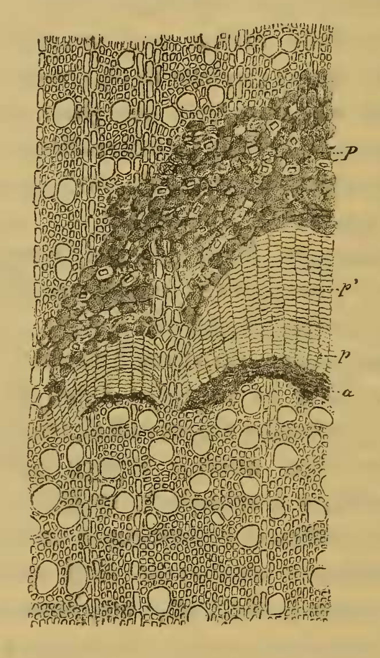


Fig. 1.

Teil eines Markfleckes im Querschnitte.

P parenchymatisches Gewebe.
p, *p'* Schichten des Wundkorkes.
a kollabierte Masse.

andere Deutung zu. Das in Rede stehende Korkgewebe, dessen Elemente in radialen Reihen angeordnet sind, ist gewöhnlich in Schichten dick- und dünnwandigerer Korkzellen gegliedert (Textfig. 1, *p*, *p'*).

Nach außen grenzt das parenchymatische Gewebe (Textfig. 1, *P*) ohne eine dazwischen gelagerte kollabierte Schichte an das Holz. Tritt der unverholzte Komplex in großer Mächtigkeit

auf, so nimmt er stellenweise markkronenartige Bildung an. Hier sind die unmittelbar an das Parenchym grenzenden Gefäße frei von Thyllen und haben kurze Abschnitte, welche regellos angeordnet sind und gleichen Umriß wie die benachbarten Parenchymzellen zeigen.

Die soeben beschriebenen unverholzten Gewebekomplexe im Holzkörper stimmen in ihrem Baue mit den von Kienitz[1] eingehend untersuchten »Markflecken« überein, welche, wie der genannte Autor fand, infolge von Verletzungen durch Larvenfraß entstehen. Es ist wohl kaum zu bezweifeln, daß auch die hier beschriebenen Bildungen auf Verletzungen durch Insekten zurückzuführen sind.

Demnach wäre das in den Markflecken von *Boswellia Carteri* vorhandene Korkgewebe als Wundkork anzusprechen.

Das Mark (Fig. 2, *m*) setzt sich aus einfach getüpfelten, relativ dickwandigen und verholzten Parenchymzellen zusammen. Daneben finden sich auch nicht selten völlig unverholzte und dünnwandige Markzellen. Beide führen reichlich Stärke und oxalsauren Kalk in großen Einzelkrystallen, Zwillingen oder Drusen, die einzeln in stärkeführenden Zellen liegen. Gerbstoff, woran die Pflanze sehr reich ist, tritt im braun gefärbten Zellsaft einzelner Parenchymelemente auf.

Auffallend verschieden davon ist der Bau dieser Elemente in ihrem Jugendstadium, knapp unter der Vegetationsspitze (Fig. 1, *m*):

Die Membranen dieser isodiametrischen Markzellen (Fig. 9) besitzen große und dicht angeordnete Poren *(a)* und sind kollenchymartig verdickt. Diese Membranen färben sich mit Chlorzinkjod violett und geben überhaupt die bekannten Cellulosereaktionen. Regelmäßig treten zwischen den Verdickungen drei-, selten vierseitige Intercellularen auf (Fig. 9). Schon in diesem Stadium erfüllen die bereits oben beschriebenen Inhaltskörper diese Zellen.

Durch nachträgliches ungleichmäßiges Dickenwachstum der Membranen, womit ein Abrunden und Verholzen der Zellen Hand in Hand geht, gleicht sich die kollenchymartige Ver-

---

[1] Kienitz, Bot. Zentralblatt, 1883, Bd. XIV, S. 21 ff.

dickung aus und führt zu den oben beschriebenen Dauer-elementen.

Kompliziertere Verhältnisse weist die Rinde[1] sowohl in ihrem anatomischen Bau als auch in ihrer Entwicklung auf. Im jugendlichen Stadium (unterhalb der Vegetationsspitze) ist der Bau der Rinde der folgende (Fig. 1):

Unterhalb der Oberhaut liegt eine schon ausgebildete Peridermschichte *(p)*. Diese werde ich später noch ausführlich besprechen. Die Elemente der primären Rinde *(e)* gleichen in ihrem Baue vollkommen denen des Markes *(m)*. Im Zellinhalte tritt hauptsächlich Chlorophyll, daneben in geringerer Menge Gerbstoff und große Krystalle, beziehungsweise Drusen von Calciumoxalat auf. An die primäre Rinde schließt die Anlage der Bastfaserbündel. (In die Zeichnung [Fig. 1] sind einige schon ausgebildete Fasern als dickwandige, dunkelkonturierte Elemente eingetragen.) Unterhalb je eines halbmondförmigen Bastbelages liegen ein oder zwei Sekreträume *(s)*. Bemerkenswert sind kleinlumige Zellen im Phloemteile, die zu wenigzelligen und distinkten Gruppen angeordnet sind *(n)*. Sie obliterieren sehr frühzeitig wie die Siebröhren und einzelne Parenchymzellen und bilden dann mit diesen zusammenhängende und verzweigte Bänder und Streifen (Fig. 2, *o. s.*). Wie die primäre Rinde enthält auch der Phloemteil reichlich gerbstoffführende Zellen.

Dieser ursprüngliche Bau der Rinde erfährt sehr frühzeitig tiefgreifende Veränderungen. Was zunächst die primäre Rinde anbelangt, so verliert sie ihren kollenchymartigen Charakter einerseits durch Zellteilung, anderseits ähnlich wie das Mark durch ungleichmäßiges Dickenwachstum der Membranen, wodurch die kollenchymartige Verdickung ausgeglichen wird. Dazu kommt Kollabieren kleinerer Partien und Sklerose einzelner Zellen. Die hierdurch bedingte Polymorphie der Zellen des primären Rindengewebes wird noch durch ein Phelloderm erhöht, das Sekreträume und Sklerenchym enthält. Diese mit

[1] Um Mißverständnissen vorzubeugen, betone ich, daß ich hier unter Rinde das ganze außerhalb des Cambiumringes liegende Gewebe verstehe.

groben, geweihartigen Porenkanälen versehenen Sklerenchymzellen (Fig. 7, *sk*; Fig. 13), in vertikalen Reihen und Gruppen angeordnet, sind nur in der Peripherie der Rinde und zwar in zunehmender Menge bis knapp unter das Periderm anzutreffen. Sie führen einen körnigen und rotbraunen Inhalt; nicht selten füllt ein Einzelnkrystall von Calciumoxalat das Lumen vollständig aus, indem die Verdickung sich ganz an den Krystall anlegt. Stellenweise zeigen die an das zartwandige Gewebe grenzenden Sklerenchymzellen nur einseitige Verdickung, indem die an das Parenchym anstoßenden Wände unverdickt bleiben.[1]

Von diesen Sklerenchymzellen, welche ihren Ursprung im Phelloderm haben, sind diejenigen wohl zu unterscheiden, welche, wie bereits erwähnt, durch nachträgliche Sklerose aus Elementen der primären Rinde hervorgegangen sind und durch ihren Bau wesentlich von jenen abweichen. Sie sind bedeutend größer und weitlumiger als die vorher genannten und erscheinen in ihrem Umriß mehr abgerundet; ihre Verdickung ist weniger stark und die Zahl der Porenkanäle geringer. Krystalle als Inhalt in diesen Sklerenchymzellen beobachtete ich nie.

Die ersten Bastfasern entstehen an der Peripherie der Anlage des Hartbastes (Fig. 1), die übrigen entwickeln sich sehr rasch und zwar in zentripetaler Reihenfolge. Der ganze Bastfaserkomplex wird bald zerrissen und zwar einerseits durch das Wachstum der Rinde, anderseits, wie später näher beschrieben, durch innere Peridermbildung. In der ausgebildeten Rinde sind nur mehr einzelne Fasern oder isolierte Gruppen solcher zerstreut anzutreffen (Fig. 7, *b*).

Die Bastfasern sind stets gefächert und haben stark verholzte Mittellamelle, während die Verdickungsschichten bezüglich Verholzung Unregelmäßigkeiten aufweisen.

Auf dem Rindenquerschnitt erscheinen Sekreträume, welche knapp bis an das Periderm heranreichen.[2]

---

[1] Bei den in Fig. 13 dargestellten Sklerenchymzellen bezeichnet *a* die einseitige Verdickung, während die dunkel gehaltenen Stellen die Lumina darstellen.

[2] Über die Anatomie dieser Sekreträume und über das Sekret siehe S. 19 f.

Die Grundmasse des Rindengewebes besteht aus Parenchym, das überaus reich an Stärke und Calciumoxalat ist. Die Krystalle liegen wie die der Markstrahlen einzeln in der Zelle und füllen das Lumen nahezu aus. Gruppen von gerbstoffführenden Zellen sind in der Rinde reichlich vertreten (Fig. 7, *g*).

Die obliterierten Siebteile (Fig. 7, *o. s.*) nehmen in diesem vorgeschrittenen Entwicklungsstadium gegen das Innere an Masse zu. In der Nähe des Cambiums bilden sie die Grundmasse, während sie gegen die Peripherie allmählich verlaufen. Der Bau dieser Elemente ist derselbe, wie ihn De Bary[1] beschreibt.

Schließlich sei noch erwähnt, daß an dem Aufbau des Phloemteiles auch Krystallkammerfasern in nicht geringem Maße teilnehmen.

Das Periderm löst sich wie auch bei anderen Arten der Gattung *Boswellia* und bei *Commiphora*[2] schon an fingerdicken Zweigen in papierdünnen Schichten ab. Die Peridermbildung ist subepidermal und zwar tritt sie bei ersterer sehr frühzeitig, nämlich schon knapp unter der Vegetationsspitze auf, wobei sie anfangs stellenweise unterbrochen ist. Zunächst wird nach außen Periderm, später auch nach innen Phelloderm gebildet. Die als erste entwickelte Peridermschichte besteht aus sehr dünnwandigen Korkzellen, während die folgenden Schichten durchwegs dickere Membranen besitzen. Die Zellwand zeigt eine stark entwickelte Celluloseschichte und eine dünne Suberinlamelle. Die Mittellamelle ist von letzterer nur wenig differenziert. Bemerkenswert sind rundliche Körperchen, welche einzeln in schmalen Intercellularen liegen und im polarisierten Lichte sich als doppeltbrechend erweisen. In älteren Peridermschichten wechseln Lamellen dick- und dünnwandigerer Korkzellen ab. Diese Differenzierung erscheint stellenweise mehr oder minder stark ausgebildet.

Das Ablösen der einzelnen Peridermschichten geht in einer einschichtigen Lage merkwürdig gebauter Phelloidzellen vor sich. Diese stimmen mit denen von *Boswellia papyrifera*,

---

[1] De Bary, l. c., S. 557 f.

[2] Solereder, l. c., S. 219.

welche von v. Höhnel[1] genauer untersucht wurden, vollkommen überein. Sie zeichnen sich durch einseitig verdickte Membranen aus, deren Verdickungsmasse verkieselt und zugleich verholzt ist. Diese Verdickung (Textfig. 2) tritt nur an der Innenwand auf und erstreckt sich gewöhnlich auch über einen kleinen Teil der Seitenwände. Die übrige Partie der Membran dagegen ist sehr dünn. Selten ist die Verdickung glatt, in der Regel trägt sie in das Lumen vorspringende feine Rippen, die in der

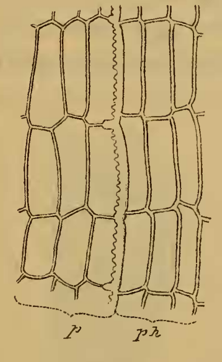


Fig. 2.

Querschnitt durch das Periderm des Stammes.

ph jüngere, an das Phellogen grenzende Peridermschichte.
p älteres Periderm mit dem einschichtigen Phelloid.

Flächenansicht als feine, hie und da spitzwinkelig sich verzweigende Linien erscheinen, welche im Sinne der Stammachse verlaufen (Textfig. 3). Da die Seitenwände sehr dünn und spröde sind, reißen sie außerordentlich leicht, wodurch das Ablösen der Korkschichten in regelmäßigen Lagen zustande kommt. Dadurch werden die verdickten und verkieselten Innenwände der Phelloidzellen freigelegt, kommen an die Außenseite der Korkschichten zu liegen und bilden einen festen und widerstandsfähigen Überzug des Stammes. Die Ablösung erfolgt aber nicht in jeder Phelloidschichte, so daß man in den Korkblättern immer auch eingeschlossen Phelloidlamellen findet.

[1] v. Höhnel, Über Kork und verkorkte Gewebe überhaupt. Diese Sitzungsberichte, LXXVI. Bd., I. Abt., S. 78 ff., 99 f., 114 f.

Eine ebensolche Schichte von verkieselten Zellen fand schon Mohl[1] im Periderm von *Boswellia papyrifera* Rich. und nennt diese Zellen »Faserzellen«. Diese Bezeichnung wählte Mohl wohl nicht mit Rücksicht auf die Form der Zellen, sondern wegen der Struktureigentümlichkeit der Zellhaut, was ich nur deshalb bemerke, weil man jetzt unter »Faserzellen« wohl nur histologische Elemente von faserförmiger Gestalt versteht.

Eine genauere Darstellung der Gestaltsverhältnisse der genannten Phelloidzellen gibt zum Teil auf Grund der schon von Mohl gegebenen Beschreibung De Bary.[2]

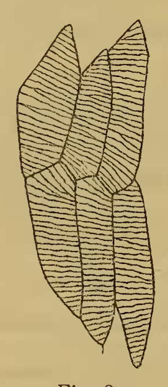


Fig. 3.

Phelloidzellen in der Flächenansicht nach der Veraschung und Behandlung mit Salzsäure.

Moeller[3] scheint ein ähnliches Phelloid bei *Amyris* beobachtet zu haben, wo aber eine Sklerosierung der Außenwände stattfinden soll.

Hauptsächlich wird am Stamm unserer *Boswellia* Oberflächenperiderm gebildet. Stellenweise findet auch Borkebildung statt, doch nur in sehr geringem Maße. Die innere Peridermbildung dringt dabei wenig in die Rinde ein, so daß nur sehr kleine Rindenpartien und zwar hauptsächlich Parenchym und

---

[1] Mohl, Bot. Zeitung, 1861, S. 229.
[2] De Bary, l. c., S. 117.
[3] Moeller, Anatomie der Baumrinden. Berlin, 1883, S. 321 f.

Sklerenchym, selten auch Sekreträume abgestoßen werden. Da die Bildung des inneren Periderms nur in den seltensten Fällen eine wiederholte ist, so erscheinen die abgestoßenen Rindengewebskörper in den Korkhäuten eingebettet und zwar in Gestalt kleiner Knöllchen oder flach linsenförmiger Körper. Letztere können einen Durchmesser bis zu 1 *cm* erreichen.

Wider Erwarten ist die Borke an jungen, noch mit einer Epidermis bedeckten Trieben viel stärker und reichlicher entwickelt als die der älteren Zweige und des Stammes. An den jungen Zweigen bildet sie lange und breite Längsstreifen, die vermöge ihrer dunklen Färbung besonders auffallen, und enthält nebst Teilen der primären Rinde noch Bastfaserbündel und Sekreträume.

Anatomie der Wurzel.

Zur Untersuchung lag mir außer einem gut erhaltenen Stücke (Alkoholmaterial) noch ein getrockneter Wurzelteil vor, von dem aber nur Holz und Mark erhalten und zur Untersuchung geeignet waren. In ihrem anatomischen Bau weisen die beiden Wurzelstücke manche wesentlichen Unterschiede auf. Zunächst wende ich mich zur Beschreibung der anatomischen Verhältnisse des Alkoholmateriales.

Das Mark desselben besteht aus unverholzten und zartwandigen Parenchymzellen und bildet kein zusammenhängendes Gewebe, sondern setzt sich aus isolierten Zellgruppen von verschiedener Mächtigkeit zusammen, zwischen denen aus Gefäßen und sehr wenigen Libriformfasern bestehende Xylemstränge in Windungen verlaufen. Je weiter die Markteile vom Wurzelzentrum entfernt sind, desto mehr nehmen sie an Größe ab. Die Verschiebung gegen die Peripherie geht in der Regel nicht über das erste Drittel des Holzkörpers hinaus. Die größeren Markkörper enthalten je einen kleinen und kugeligen Sekretraum. Als Inhalt der Markzellen tritt Stärke und oxalsaurer Kalk auf. Die zwischen den Markteilen durchziehenden Holzstränge vereinigen sich häufig zu einem einzigen großen zentralen Strang. Regelmäßig ist dies aber in den Stellen der Wurzel der Fall, welche infolge äußeren Druckes zusammengepreßt sind. Es gewinnt den Anschein, als ob diese Verdrängung und

Zerteilung des Markgewebes auf Druck zurückzuführen sei. Dem widerspricht aber der Umstand, daß in dem anderen Exemplar, welches keinerlei auf Pressungen zurückzuführende Merkmale erkennen läßt, das Mark durchwegs von dem in Rede stehenden Holzkörper verdrängt ist. Letzterer hebt sich am Querschnitte charakteristisch von dem übrigen Holzkörper ab und zwar infolge der dichten Anordnung der Gefäße, die sich noch durch ihr größeres Lumen (Maximum 0·143 *mm*) von den übrigen unterscheiden, und ferner durch das Fehlen von Markstrahlen.

Die Libriformfasern des Wurzelholzes sind im Gegensatze zu denen des Stammes durchwegs dünnwandig. Auch hier setzt sich das gesamte Libriform aus Gruppen relativ dick- und dünnwandigerer Elemente zusammen. Doch ist der Unterschied in der Membranverdickung nur sehr gering. Eine Gliederung der Verdickungsschichten in zwei distinkte Lamellen ist nicht vorhanden. Während sämtliche Libriformfasern bei Behandlung mit Anilinsulfat oder nach Mäule[1] mit Kaliumpermanganat-Salzsäure-Ammoniak deutlich Verholzung zeigen, färben sich mit Phloroglucin-Salzsäure nur die gegen die Peripherie zu gelegenen (jüngeren) Libriformfasern intensiv, die älteren dagegen gar nicht oder nur sehr wenig. Ein Unterschied im anatomischen Bau besteht zwischen beiden nicht.

Der anatomische Bau der Mittel- und Innenrinde ist bei der Wurzel analog dem des Stammes bis auf das Fehlen der Bastfasern und Sklerenchymzellen. Auch sind die Sekreträume größer und zahlreicher als in der Rinde des Stammes. Die Außenrinde (Fig. 10), welche aus einem Oberflächenperiderm besteht, enthält der Hauptmasse nach gewöhnliche Korkzellen *(p)*; in dieser Grundmasse eingebettet liegen Platten von Sklerenchymzellen *(s, sk)*. Durch dieses Sklerenchym, welches in großen Mengen vorhanden ist, erhält das Periderm ein festes und widerstandsfähiges Gefüge.

Was das getrocknete Wurzelmaterial anbelangt, so wurde schon früher erwähnt, daß dessen Bau von jenem des Alkohol-

---

[1] Fünfstück, Beiträge zur wissenschaftl. Bot., 1901, Bd. IV, 2. Abt., S. 166 ff.

materiales in mancher Hinsicht abweicht. Im folgenden will ich mich bloß auf die Darstellung dieser Unterschiede beschränken.

Während bei dem vorigen Wurzelstücke die zwischen den Markkörpern verlaufenden Xylemstränge stellenweise sich zu einem einzigen, großen, zentralen Xylemstrang vereinigen, tritt hier in dem getrockneten Material an Stelle des Markes durchwegs ein Xylemstrang auf, welcher zum Unterschiede von dem vorigen nebst Gefäßen auch reichlich Libriform enthält. Vom Markgewebe sind nur kleine, aus wenigen Zellen bestehende Partien teils im zentralen Xylemstrange, teils im sekundären Holze zu finden.

Das Libriform ist ausnahmslos dickwandig. Mit Phloroglucin-Salzsäure behandelt, geben auch die Libriformfasern des älteren Holzes deutlich Holzstoffreaktion.

Ob die angeführten Unterschiede individuelle sind oder als lokale, auf bestimmte Ursachen zurückzuführende Erscheinungen aufzufassen sind, konnte mangels an genügendem Materiale nicht untersucht werden.

Anatomie des Blattes.

Das Blatt ist schon oben beschrieben worden, so daß ich gleich auf die anatomischen Verhältnisse seiner Teile eingehen kann.

Der Blattstiel stimmt in Lage und Anordnung der Gefäßbündel und Sekreträume mit dem jungen Stamm überein. Wie bei diesem sind auch hier die Epidermiszellen klein und haben fast gleichmäßig verdickte Membranen (Fig. 6). Die von kleinen Schließzellen gebildeten Spaltöffnungen sind in Längsreihen angeordnet und liegen entweder in der Ebene der Epidermis oder überragen, was bei der überwiegenden Mehrzahl der Fall ist, infolge von Erhebung der Nebenzellen die Rindenoberfläche (Fig. 6, *sp*).

Die achsial gestreckten Zellen der primären Rinde (Fig. 8) haben stark entwickelte und mit einfachen runden Poren versehene Membranen. Als Zellinhalt tritt hier oxalsaurer Kalk und zwar fast ausschließlich in Form von Drusen auf. Unterhalb jeder Spaltöffnungsreihe liegt, in das primäre Rindengewebe eingesenkt, ein sowohl der Transpiration als auch der Assimilation

dienender lockerer Gewebsstreif, welcher aus dünnwandigen und chlorophyllführenden Parenchymzellen zusammengesetzt ist (Fig. 6; 8, *p*).

Die Gefäßbündel bilden am Querschnitt einen Kreis (Fig. 8) Die medianen Bündel sind stärker entwickelt als die lateralen und bilden zwei gegenüberliegende kompakte Bündelmassen, deren Xyleme lateral gewöhnlich durch breite Markstrahlen oder dazwischen geschobene Sekretgänge getrennt sind. Im Xylem ist Libriform nur spärlich vorhanden, dagegen reichlicher intraxyläres Cambiform, welches ähnlich wie im Stamm auch hier in Berührung mit dem Marke Libriformfasern enthält. Der Cambiumring ist geschlossen und geht auch durch die breiten Markstrahlen (Fig. 6). Wo Sekretgänge zwischen die Xylemteile eingeschoben erscheinen, geht das Cambium knapp unter diesen hinweg.

Das Phloem setzt sich aus Siebröhren, Phloemparenchym und Krystallkammerfasern zusammen. Nach außen ist es von einem Bastfasermantel geschützt. Die einzelnen Bastbündel haben am Querschnitte halbmondförmige Gestalt (Fig. 8; 6, *b*). Die Sekretgänge sind in einem Kreise angeordnet und liegen einzeln in der Konkavität je eines Bastfaserbündels.

Die Markzellen (Fig. 6, *m*; 8, *m*) sind weitlumig und haben derbe und verholzte Membranen.

In dem Hauptnerv der Blättchen tritt lateral eine vollständige Trennung der beiden oben beschriebenen Bündelmassen ein (Fig. 11). Zugleich ist die Zahl der Gefäßbündel besonders in der oberen Masse reduziert. Die Reduktion nimmt gegen das Ende des Nerves zu, so daß schließlich nur mehr ein Bündel der unteren Hälfte mit einem Sekretgange übrig bleibt. Das Mark ist zartwandig und unverholzt. Hie und da beobachtete ich im Markgewebe eine Platte verholzter und dickwandiger Markzellen (Fig. 11, *p*). Die Nebennerven bestehen gleich dem Ende des Hauptnerves aus je einem Gefäßbündel.

Die Epidermis der Blattoberseite (Fig. 12, *o*) ist in der Regel einfach, selten und nur stellenweise zusammengesetzt. Die hohen Oberhautzellen sind nach außen stark verdickt. Bei trockenem und Alkoholmateriale sind sie von einer homogenen gelblichbraunen Masse erfüllt. Zugleich erscheinen sie infolge

Wellung ihrer Seitenwände etwas verkürzt. Die Inhaltsmasse erweist sich in Wasser (auch im kochenden), absolutem Alkohol, Benzol, Xylol, Chloroform, Äther und Schwefelkohlenstoff als unlöslich, dagegen löst sie sich leicht in Eau de Javelle, Kalilauge und Säuren. In einem lebenden Blatt aus dem botanischen Garten fand ich diesen Inhalt nicht, sondern nur eine farblose Flüssigkeit, welche die turgeszierenden, nicht gewellt erscheinenden Oberhautzellen erfüllte. Die Epidermiszellen der Blattunterseite sind klein und wenig verdickt. Die der Oberseite eigentümliche Inhaltsmasse fehlt hier. Während die Spaltöffnungen des Blattstieles in der überwiegenden Mehrzahl erhöht sind, liegen die der Lamina fast durchwegs im Niveau der Epidermis. Die Behaarung ist an der Unterseite etwas dichter als an der Oberseite. Letztere trägt ausschließlich einfache Haare, die Unterseite dagegen ebenso wie der Blattstiel und die mit einer Epidermis bedeckten Zweige, außerdem noch Drüsenhaare (Fig. 1, 14, 15). Die einfachen Haare (Fig. 15) sind gekrümmt, mehr-, selten einzellig und stellenweise verholzt. Die Verdickungsmasse gliedert sich in eine dicke Cuticularschichte, welche nach außen kleine warzenförmige Vorsprungsbildungen trägt und in eine schwächere, in der Basalzelle jedoch stärkere Innenschichte. Es sei noch erwähnt, daß diese Haare nicht nur einzeln, sondern auch paarweise anzutreffen sind.

Eine Differenzierung des Mesophylls in Palisadengewebe und Schwammparenchym ist nur undeutlich ausgeprägt (Fig. 12). Stellenweise sind Palisadenzellen durch Querwände in zwei Kammern geteilt, welche als Inhalt lediglich Drusen von oxalsaurem Kalk führen (Fig. 12). Regelmäßig sind diese drusenführenden Zellen über den im Blatte verlaufenden Gefäßbündeln (mit Ausnahme ihrer feinsten Verzweigungen) anzutreffen.

Anatomie der Sekretbehälter.

Ein besonderes Interesse bieten die Sekreträume, welche in allen Teilen der Pflanze, besonders reichlich aber in der Rinde vorkommen.

Das Sekret ist ein harz- und gummiführender Milchsaft, der bei Verletzungen aus der inneren Rinde und dem Mark als weiße opake Masse hervortritt und an der Luft bald zu einer

homogenen klaren Masse erstarrt. Der Milchsaft besteht aus einer mit kleinen Harztröpfchen durchsetzten Gummilösung. Die erstarrte Masse bildet, mit Wasser behandelt, eine Emulsion: In einer farblosen Flüssigkeit schwimmen kleine Tröpfchen, beziehungsweise Körnchen von Harz, von denen die kleinsten in Molekularbewegung sich befinden.

Die Sekreträume entstehen, wie auch Tschirch[1] angibt, schizogen und zwar in folgender Weise: Zu einer Gruppe vereinigte Zellen (Fig. 5), die sich durch ihre besonders zarten Membranen von den benachbarten Zellen unterscheiden und sich auf eine Mutterzelle zurückführen lassen, werden zu Secernierungszellen. Durch Auseinanderweichen bilden sie zuerst einen unregelmäßigen, später am Querschnitte kreisförmigen Intercellularraum. Infolge radialer und tangentialer Teilung der Secernierungszellen wird der Sekretraum vergrößert. Letzterer ist entweder kugelig oder als langgestreckter Intercellulargang mit mannigfachen Biegungen und Ausstülpungen ausgebildet. Eine nachträgliche Auflösung der den Intercellularraum umgebenden Zellen tritt nicht ein. Wohl können hie und da, besonders bei Alkoholmaterial, durch Schrumpfungen der Secernierungszellen und des Sekretes hervorgerufene Verzerrungen einen Zweifel an den schizogenen Charakter der betreffenden Sekreträume erwecken; doch nach Behandlung dieser Schnitte mit Eau de Javelle und nach eventuellem Färben treten die Secernierungszellen mit aller Schärfe und ohne irgendwelche Auflösungserscheinungen hervor.

Die ersten Sekreträume entstehen im Stamm in der Konkavität je eines Bastfaserbündels einzeln oder zu zweien (Fig. 1, *s*). Die folgenden haben ihren Ursprung im Cambium, respektive Interfascicularcambium, später auch im Phelloderm. Durch innere Peridermbildung können einzelne Sekreträume mit der Borke auch abgestoßen werden. Die zuerst gebildeten Intercellularräume sind im allgemeinen kleiner als die später angelegten. Erstere haben nämlich als häufigsten Wert für den

[1] Tschirch, Angewandte Pflanzenanatomie. Wien und Leipzig, 1889, Bd. I, S. 498 f. — Berichte der deutschen bot. Gesellschaft, Berlin, 1888, Bd. VI, S. 13.

Durchmesser 0·017 *mm*, letztere 0·046 *mm*. Das Maximum beträgt 0·143 *mm*.

Im Marke des Stammes ist die Zahl der Sekreträume sehr gering. Im Vergleiche mit denen der Rinde sind sie meist kleiner, indem als häufigster Wert des Durchmessers 0·015 *mm* gilt. Sie liegen einzeln oder bis zu dreien im intraxylären Cambiform (Fig. 2), seltener in den Markkronen. Nur in den seltensten Fällen konnte ich sie tiefer im Marke antreffen. Vom Marke aus biegen einzelne Sekretgänge durch breite Markstrahlen in die Verzweigungen des Stammes ein. Im Marke werden die Sekreträume später als in der Rinde angelegt, und zwar kurz bevor sämtliche Markzellen in das Dauerstadium treten, und nachdem schon Interfascicularholz gebildet ist.

Am zahlreichsten und größten sind die sekretführenden Intercellularen in der Wurzelrinde, wo deren Durchmesser als häufigsten Wert 0·049 *mm*, als Maximum 0·187 *mm* erreicht. Im Wurzelmarke sind die Sekreträume nur in den größeren Markkörpern und zwar als kleine kugelige Intercellularen zu finden.

In den Gefäßbündeln der Blätter findet man nur langgestreckte Sekretgänge, welche bis in die feinsten Verzweigungen der Gefäßbündel reichen und nach außen stets durch Bastfaserbündel geschützt sind.

Anatomie des Vergleichsmateriales.

Wie ich schon in der Einleitung sagte, stand mir zum Vergleiche Herbarmaterial aus Kew zur Verfügung. Es besteht aus einigen Blättchen von *Boswellia Carteri* Birdw., die im Jahre 1862 von Playfair im Somalilande gesammelt wurden, und aus je einem Zweigstücke von *Boswellia Carteri* Birdw. und *Boswellia Bhau-Dajiana* Birdw., welche von W. Wykeham Perry im Jahre 1878 von der Somaliküste nach England gebracht wurden.

Das als *Boswellia Carteri* bezeichnete Material stimmt im anatomischen Bau im allgemeinen mit der von mir untersuchten Pflanze aus Südarabien überein. Unterschiede sind insofern vorhanden, als die Blättchen aus dem Kewenser Herbar dichter behaart sind und die Markzellen

des Zweigstückes etwas dickwandiger und reichlicher getüpfelt erscheinen als bei der meiner Untersuchung zugrunde gelegten Pflanze.

Von dem als *Boswellia Bhau-Dajiana* bestimmten Vergleichsmaterial konnte ich wegen zu weit vorgeschrittenen Zerfalles nur das Periderm, Holz und Mark untersuchen. Diese Teile stimmen in ihrem anatomischen Baue mit den entsprechenden Teilen von *Boswellia Carteri* nicht vollständig überein.

Während nämlich bei *Boswellia Carteri* das Phelloid aus stets einschichtigen Lagen von Zellen besteht, setzt sich dasselbe bei *Boswellia Bhau-Dajiana* aus mehreren Schichten zusammen. Außerdem ist die einseitige Verdickung der Phelloidzellen hier minder stark entwickelt; ferner zeigen die in das Zellumen vorspringenden Verdickungsleisten hinsichtlich ihrer Stärke alle Abstufungen bis zur scheinbaren Streifung.

Das Holz zeichnet sich durch die dünnen Membranen seiner Libriformfasern aus und erinnert dadurch an das Wurzelholz von *Boswellia Carteri*. Wie im letzteren kann man auch hier dünn- und dickwandigere Fasern unterscheiden. Sämtliche Libriformelemente sind stark verholzt.

Während bei *Boswellia Carteri* die Markzellen mit nur wenigen Ausnahmen verholzt sind, sind sie bei *Boswellia Bhau-Dajiana* durchwegs unverholzt und dünnwandig.

Auf Grund der soeben angeführten Abweichungen kann man *Boswellia Carteri* von *Boswellia Bhau-Dajiana* bei anatomischer Untersuchung mit Sicherheit unterscheiden.

Resumé.

Der Hauptzweck der vorliegenden Untersuchung war, die anatomischen Verhältnisse der Gattung *Boswellia* genauer als bis jetzt zu studieren und damit einen Beitrag zur Anatomie der Burseraceen zu liefern, über welche zumeist nur gelegentliche und deshalb lückenhafte Beobachtungen vorliegen.

Auch für die allgemeine Histologie hat diese Arbeit einige Resultate geliefert. Die wichtigsten derselben sind:

1. Die Rückbildung eines kollenchymatischen Gewebes in ein Parenchym (Mark und primäre Rinde des Stammes);

2. das Auftreten eines intraxylären Cambiforms im älteren Teile des sekundären Holzes in den gestauchten Basalteilen junger Triebe. Hieraus folgt, daß das intraxyläre Cambiform im vorliegenden Falle nicht als ein reduziertes Phloem eines kollateralen Bündels aufgefaßt werden kann;

3. die Bildung von Wundkork in Markflecken;

4. die Zusammensetzung des Markes der Wurzel aus isolierten Zellgruppen, zwischen denen Xylemstränge verlaufen;

5. die Bildung von Sklerenchym im Phelloderm des Stammes.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel I.

Fig. 1. Vergr. 80. Stammquerschnitt knapp unter der Vegetationsspitze. *p)* Periderm mit der Oberhaut; *ph)* Phellogen; *c)* primäre Rinde; *s)* Sekretraum; in der die Sekreträume nach außen umgebenden Bastfaseranlage stellen die dickwandigen und dunkelkonturierten Elemente bereits ausgebildete Bastfasern dar; *n)* Gruppe von später obliterierenden Elementen; *G)* Gefäßprimanen; *m)* Mark.

Fig. 2. Vergr. 55. Stammquerschnitt durch ein älteres Stadium als vorher; *e)* kollabierte Epidermis mit darunterliegendem Periderm; der kollenchymartige Charakter der primären Rinde ist bereits verwischt; *b)* vollständig entwickelter Bastbeleg; *s)* Sekretraum; *o. s.)* obliterierter Siebteil; *c)* Cambium; *h)* Protoxylem, dessen Gefäße stellenweise Thyllen führen; ein Teil des intraxylären Cambiforms ist dem Protoxylem gegen das Mark *(m)* zu vorgelagert und enthält einen Sekretraum.

Fig. 3. Vergr. 190. Tangentialer Schnitt durch das Holz des Stammes. *G)* Gefäß mit polyedrisch abgeplatteten Hoftüpfeln; *m)* ein Markstrahl. Die übrigen Holzelemente gehören teils dem Holzparenchym, teils dessen Übergängen zum Libriform an. Die Stärke ist nur zum Teil in die Zeichnung eingetragen.

Fig. 4. Vergr. 270. Holz des Stammes im Querschnitte. *G)* Gefäß mit Thyllen; *h)* Hoftüpfel; Details derselben konnten in die Zeichnung nicht eingetragen werden; *l')* Libriform mit stark entwickelten Verdickungsschichten, die in zwei distinkte Lamellen gegliedert sind; *l)* Libriform mit schwächeren Verdickungsschichten.

Tafel II.

Fig. 5. Vergr. 365. Anlage eines Sekretraumes *(s)* aus der unmittelbaren Nähe des Cambiumringes.

Fig. 6. Vergr. 145. Ein Teil des Blattstieles im Querschnitt. *sp)* erhöhte Spaltöffnung; darunter liegt in das dickwandige Gewebe der primären Rinde eingesenkt ein lockeres, zartwandiges Parenchym; *b)* Bastbeleg; *s)* Sekretgang; *c)* Cambium; *h)* Xylem; *m)* Mark.

Fig. 7. Vergr. 60. Querschnitt durch die Rinde des Stammes. Oben ein Teil des Periderms; *sk)* Gruppe von Sklerenchymzellen, von denen einzelne Krystalle von oxalsaurem Kalk enthalten. Drei Sklerenchymzellen der unteren Reihe dieser Gruppen (rechts) zeigen einseitige Membranverdickung (nicht schattierte Partien dieser Zellen); *g)* gerbstoffführende Zellen; *b)* isolierte Bastfaserbündel; *o. s.)* obliterierter Siebteil.

Fig. 8. Vergr. 30. Blattstiel im Querschnitt (siehe Fig. 6); etwas schematisiert; *p)* chlorophyllführendes lockeres Parenchym mit darüberliegender erhöhter Spaltöffnung; *x)* Xylem; *ph)* Phloem; *m)* Mark.

Tafel III.

Fig. 9. Vergr. 700. Junge Markzellen des Stammes mit kollenchymartig verdickten Membranen. *a)* Poren.

Fig. 10. Vergr. 150. Wurzelperiderm (Querschnitt). *ph)* Phellogen; *sk)* jüngere, *s)* ältere Sklerenchymzellen; *p)* Korkgewebe.

Fig. 11. Vergr. 40. Querschnitt durch den Hauptnerv des unpaarigen Blättchens. *b)* Bastbeleg; *s)* Sekretgang; *m)* unverholzter, *p)* verholzter Teil des Markes.

Fig. 12. Vergr. 145. Querschnitt durch einen Teil der Blattlamina (der Zellinhalt durch Eau de Javelle entfernt). *o)* Oberhaut der Blattoberseite (zum Teil einfach, zum Teil zusammengesetzt); *s)* Sekretgang des Gefäßbündels; links Gefäße, rechts Bastfasern.

Fig. 13. Vergr. 190. Sklerenchymzellen aus der Stammrinde. *a)* einseitige Verdickung.

Fig. 14. Vergr. 295. Drüsenhaar.

Fig. 15. Vergr. 295. Einfaches Haar.

Fig. 16. Vergr. 400. Einige typische Formen der Stärkekörner.
